

海洋溢油生态损害的简易评估和综合评估方法

杨寅¹ 韩大雄² 王海燕¹ 黄浩¹

(1. 国家海洋局第三海洋研究所 福建 厦门 361005; 2. 厦门大学医学院 福建 厦门 361005)

摘要: 通过对海洋生态系统服务的讨论,结合生态学及经济学的评估方法,提出对不同规模溢油事故的区别性评估方法体系:简易评估和综合评估。中小型溢油选用公式化的简易评估法,大型溢油污染事故则建议从生物资源、海洋生境、环境容量、景观文化开展综合评估,并分别提出相应的评估方法。简易评估在美国佛罗里达公式的基础上,进行了适于我国国情的修改,该方法对信息量的要求小,简单易行,其推算的赔偿范围符合以往的索赔案例,可在今后的中小型溢油中推广实践并不断完善。综合评估中,对生物资源的评估,实现了非经济物种的价值化;生境价值评估采用在我国鲜有应用的生境等价分析;环境容量评估是我国海洋生态损害评估研究相对较多的内容,在价值化时结合已有的环境规划项目,可使其在相关索赔中更为合理。景观文化是在以往案例中很少被考虑的非使用价值,随着生态损害评估方法体系的不断完善,应在今后的实践中得以有效合理的赔偿。

关键词: 海洋环境科学;溢油;生态损害评估;简易评估;综合评估

DOI: 10.3969/J. ISSN. 1000-8160. 2012. 02. 019

中图分类号: P76

文献标识码: B

文章编号: 1000-8160(2012)02-0286-06

随着海洋经济的快速发展,海洋溢油事故风险随之增长,重大海洋溢油事故频发。据统计在1973~2006年间在我国沿海共发生大小船舶的溢油事故2 635起,其中溢油50 t以上的船舶溢油事故共69起,总溢油量37 077 t,平均每年发生2起,平均每起污染事故溢油量537 t^[1]。2010年7月大连新港油管爆炸,上万吨原油泄漏入海,其所带来的生态损害可能将持续数年甚至几十年。但目前,我国海洋溢油案例中,仅“塔斯曼海”轮案由天津海洋局向被告方索赔事故造成的生态损害。其从海洋环境容量价值损失、海洋生态系统服务功能损失、生境恢复费用、受损经济生物补充恢复费用等方面进行生态损害评估^[2],但评估内容不够全面,而且在评估对象的划分上存在一定重叠,最终仅环境容量获赔。海洋生态系统服务损失虽被承认但由于缺乏相关法律及技术支持未能取得应有的赔偿,因此开展对海洋生态损害评估的科学研究具有极为重要的意义。本文结合学术界在生态学及经济学的研究成果,对溢油生态损害的评估对象进行重新筛选划分,并建立了

针对不同规模溢油的区别性评估方法体系。

按我国现有对溢油事故等级的划分^[3],国内溢油级别分为10 t以下小型溢油,10~100 t中型溢油,100 t以上为大型溢油,并参照美国较为常用的简易评估法(佛罗里达公式)的适用范围100 t左右(约30 000 gal)。综合国内外情况,本文提出以溢油量100 t为划分标准,开展对中小型溢油和大型溢油的区别性评估:简易评估和综合评估。

1 简易评估

自然资源损害评估(natural resource damage assessment, NRDA)是美国国家大气与海洋局(NOAA)针对油类、化学品等有害物质泄露对自然资源等造成损害的评估程序,很多经济学家建立了成熟的经济价值评估方法为该体系服务^[4]。但是,自然资源损害评估需要漫长的时间,大量的数据信息和足够的经济支持。如1989年3月的美国“瓦尔迪兹”号巨型油轮溢油事故,美国海岸警卫队在3a的跟踪研究后提交了长达1 616页的研究报告,事故

收稿日期: 2011-03-20

基金项目: 福建908专项资助项目(FJ908-02-03-05);国家自然科学基金资助项目(40976050);国家海洋局公益性基金资助项目(201105013)

作者简介: 杨寅(1986~),女,硕士研究生;E-mail: yangyin727@163.com

通讯作者: 王海燕,女,研究员;E-mail: why@xmu.edu.cn

责任方美国埃克森石油公司前后为该次事故支付了包括评估费用在内的约 80 亿美元的赔偿费用,其相关研究至今仍在进行。可见完备的自然资源损害评估耗时长、成本高,不适用于中小规模的溢油。因而在实践中,对于中小规模的溢油,美国许多州采用简化后的公式或计算机模型进行生态损害评估。这类简化后的评估方法优点在于:简洁、低成本、信息需求量大,在实践中更易于操作。虽然精确度也相对较小,但可以满足中小型溢油评估的需求,因而在实践中广为应用。美国一项针对自然资源损害评估的调查显示,所收集的 38 个案例中,22 个案例都使用了

在一定程度上简化的评估方法^[4]。美国佛罗里达州、华盛顿州、新泽西州及明尼苏达州都建立了简化的自然资源损害评估方法。其中,在溢油生态损害评估中,佛罗里达公式被证实是一种快速、低成本的简便方法^[5]。结合我国实际,在该公式的基础上对其一些参数值进行优化后修改如下:

$$Da = [(B \cdot R \cdot L \cdot SMA) + (A \cdot SMA)]PC + ETS + AC \quad (1)$$

$$A = K \cdot M \quad (2)$$

式(1)中 Da 为生态损失价值,单位为万元;公式(1、2)中各参数说明详见表 1。

表 1 简易评估公式的参数

Tab. 1 Parameters in simplify formula

| 因子 | 意义 | 说明 |
|-------|-------------|--|
| B | 基数值 | 原公式中 B 为 1 美元/gal,而我国事故报告中习惯用吨数而非体积,1 t 约折合 300 gal,按 7 的汇率换算为人民币, B 取值为 0.2 万元/t |
| R | 实际溢油量 | 需从总泄漏量中扣除回收溢油的吨数 |
| L | 地理位置系数 | 根据佛罗里达公式,离岸 1.6 km 以内取 8,离岸 1.6 ~ 4.8 km 取 5,离岸大于 4.8 km 取 1 |
| SMA | 环境敏感系数 | 海洋生态环境敏感区(包括海洋渔业资源产卵场、重要渔场水域、海水增殖区、滨海湿地、海洋自然保护区、珍稀濒危海洋生物保护区、典型海洋生态系等)和亚敏感区(包括海滨风景旅游区、人体直接接触海水的海上运动或娱乐区、与人类食用直接有关的工业用水等)取 2,海洋生态非敏感区取 1 |
| A | 典型生境附加金额 | 单位为万元,由公式(2)计算 |
| PC | 污染物的理化系数 | 持久性油类取 2,非持久性油类取 1 |
| ETS | 珍稀濒危物种损失赔偿金 | 单位为万元,通过类比法或专家判定法取值 |
| AC | 调查评估费用 | 单位为万元 |
| K | 不同生境的价值系数 | 来源于佛罗里达公式并按汇率 7 换算成人民币,具体包括:珊瑚礁 0.07 万元/ m^2 ,红树林或海草 0.007 万元/ m^2 ,湿地 0.003 5 万元/ m^2 ,沙滩 0.007 万元/ m^2 |
| M | 受损生境面积 | 单位为 m^2 |

根据上述公式,每吨溢油造成的生态损害金额约在 0.2 ~ 6.4 万元人民币。宋家慧等(1999)的研究,我国中小型溢油以罚款为主,赔偿很少,沿海中外游轮事故中获得的外轮赔偿平均每吨 0.26 万元人民币,“国际油污基金”平均每吨赔偿 3.4 万元人民币^[6]。可见,按上述修改后的公式得到的评估数据范围基本符合我国国情,并与国际赔偿惯例接轨,证实该公式具有合理性,可在中小型溢油中作为快速便捷的生态损害评估方法进行推广实践。

2 综合评估

2.1 评估对象

溢油事故生态损害评估主要研究生态系统服务的损失。Constanza 等(1997)认为生态系统服务是对人类生存和生活质量有贡献的生态系统产品和生态系统功能^[7];Daily(2000)认为生态系统服务是通过

生态系统及其中的物种提供的有助于维持和实现人类活动的所有条件和过程^[8];de Groot(2003)等则将生态系统功能定义为“提供满足人类需要的产品和服务能力的自然过程和组成”^[9];联合国千年评估系统中对生态系统服务的定义为“人类从生态系统获得的各种收益”^[10]。从这些定义可看出,无论阐述方式如何变化,生态系统服务的概念是从人类视角提出,生态系统服务源于人类的需要、利用和喜好^[2]。生态系统服务有多种分类方式:较权威的有 Costanza 等(1997)对 16 种生态群落的 17 种生态系统服务进行的划分及自然资本估算^[7]。de Groot 等(2002)总结了前人对生态系统服务功能分类研究成果,提出了更适于生态经济学分析的分类方法^[11]。其将生态系统分为调节、生境、生产及信息 4 大功能。联合国千年生态系统评估系统(2005)中的分类体系(WRI)从生态系统与人类福祉的角度将

生态系统提供的服务分为供给、文化、调节、支持 4 大类,再在 4 大服务的基础上进行子类的细分^[10]. 以上各分类方式在最后子类的划分上存在差别,但其对生态系统服务的识别具有一致性.

本文在生态学和经济学研究基础上建立生态损害评估方法体系,将溢油可能导致的海洋生态系统服

务损失与其所具有的环境经济价值综合考虑,把溢油事故生态损害评估落实于最终可实现价值化的项目,对可能导致的海洋生态系统的服务损失进行分析筛选,以 de Groot 和千年生态系统的 4 类的分类方式为依据,将评估对象最终确定为生物资源、海洋生境、环境容量、景观文化,并分别提出较适宜评估方法(表 2).

表 2 综合评估的评估对象及方法

Fig. 2 Evaluate content and method of comprehensive assessment

| 评估对象 | 评估方法 |
|------|---|
| 生物资源 | 1. 受损生物资源量的确定:现场调查法或实验室毒理实验; 2. 生物资源价值化:直接市场法或替代市场法 |
| 海洋生境 | 1. 采用生境等价分析法确定受损规模; 2. 海洋生境价值的计算依据费用分析法中恢复费用法的思想,将修复受损生境所需费用作为该生境损失的价值 |
| 环境容量 | 结合目前我国消减石油类污染物实践的单位成本折合计算 |
| 景观文化 | 条件价值法或直接通过事故前后污染区域的相关旅游收入、文化价值损失等进行累加 |

2.2 评估方法

2.2.1 生物资源 生物资源损害评估包括受损生物资源量的确定和生物资源价值化. 受损生物资源量的确定有 2 种方法,一种是直接通过现场调查,具体可参照中华人民共和国农业部《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》^[12]. 该方法数据直接可信,推荐在评估中使用. 但对于不具备现场调查条件或未能通过现场调查获得数据资料的生物资源,可通过历史文献资料查阅分析,或实验室油类及多环芳香烃的毒性实验. 参考姜晓娜(2010)通过环境毒理学方法确定生物死亡率的计算公式,对受损生物量进行评估^[13].

$$D = 0.399 \int_{-\infty}^{\lg c_0} \exp[-0.8745(x - \lg LC_{50})^2] dx \times 100\% \quad (3)$$

$$W = D \cdot W' \quad (4)$$

式(3、4)中 x 为质量浓度常用对数 $\lg(c)$; c_0 为质量浓度的最大值,根据实测浓度确定 (mg/dm^3); D 为生物溢油死亡率(%); W 为生物资源损失量(kg); W' 为事故前该海域生物资源量(kg).

以上方法均仅考虑死亡的生物资源量,但由于生物本身生理特征的复杂性,部分被油污染的生物没有死亡,而是表现出生物质量下降(如体内油浓度上升). 因此,受损生物资源量应包括死亡的生物数量和生物质量下降的生物数量之和,在评估中需要综合考虑.

在此基础上进行受损的生物资源价值化可分为 2 类. 对于经济物种,按其市场价格和受损量直接进行价值化,具体参照《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》. 对于非经济物种,没有明确市场价值,可通过替代市场法或假想市场法对其进行价值转化. 我们建立了基于食物链的转化方法,即选择污染海域中受损生物最重要的食物链,运用食物链的营养级能量传递规律,将受损的非经济物种损失量转化至经济物种损失量,再根据经济物种的市场价进行价值估算. 公式如下:

$$M = \sum P_i \cdot W_i \quad (5)$$

$$W_i = C \cdot R^n \quad (6)$$

式(5、6)中,各参数意义如表 3.

表 3 非经济物种公式参数

Fig. 3 Parameters in non-market species formula

| 因子 | 意义 | 单位 |
|-------|--|------|
| M | 非经济物种(如浮游植物、浮游动物)的损失价值 | 元 |
| P_i | 折算为具商品属性的经济物种的平均单价 | 元/kg |
| W_i | 折算为具有商品属性的经济物种的损失量 | kg |
| n | 非经济物种(如浮游植物、浮游动物)至进行转化计算的经济物种的食物链的营养级数 | |
| C | 非经济物种(如浮游植物、浮游动物)的生物损失量 | kg |
| R | 各营养级平均能量转化效率,一般按 5%~20% 计算(林德曼十分之一定律),可通过查阅参考文献并结合专家意见确定 | % |

运用该方法进行案例分析. 假设某海域发生溢油事故, 调查确定浮游植物损失量 C 为 70 t, 其主要食物链为浮游植物—浮游动物—小型鱼类—渔业和食用鱼类. 则从浮游植物至食用鱼类营养级数 n 为 3, 从文献中获知该食物链营养级能量转化效率 R 约为 12%, 根据公式(6) 计算得出: 浮游植物转化为经济物种鱼类的损失量 W 为 120.96 kg, 即 $70 \times 12\% \times 12\% \times 1\,000 = 120.96$ kg. 若该地区主要经济鱼类的平均价格为 11.2 元/kg, 则根据公式(5) 最后估算得出浮游植物的经济损失为 1 354.8 元人民币.

2.2.2 海洋生境 溢油造成的直接污染之一就是生物的生存空间——生境, 但由于其价值无法通过市场价值直接体现, 所以在以往的船舶油污索赔案件中, 生境损害很难得到合理的赔偿. 对海洋生境价值的计算可依据费用分析法中恢复费用法的思想, 将修复受损生境所需费用作为该生境损失的价值. 具体方法为: 对修复受损生境的工程规模进行规划, 确定工程规模, 然后对所需的修复工程进行成本计算, 以修复工程的实际成本作为受损生境的价值. 其中关键是确定修复工程的规模, 可运用美国国家大气与海洋管理局(NOAA) 提出的较为成熟的生境等价分析(habitat equivalency analysis) 方法. Dunford 等(2004) 将修复工程所需的替代生境面积简化为如下公式计算, 即修复工程所需的替代生境面积等于生境总受损服务水平除以替代生境单位面积服务水平^[14].

$$Q_R = \{ Q_L [\sum_{T=T_0}^X (1 - \sigma'_T) \rho_T] \} / [\sum_{T=H}^L (\varphi - \delta'_T) \rho_T] \quad (7)$$

式(7)中, Q_R 为所需替代生境面积(m^2); Q_L 为受损生境面积(m^2); $Q_L [\sum_{T=T_0}^X (1 - \sigma'_T) \rho_T]$ 为生境总受损服务水平; $\sum_{T=H}^L (\varphi - \delta'_T) \rho_T$ 为单位面积服务水平; T 为时间(a); T_0 为生境受损的时间(a); X 为生境恢复至基线水平的时间(a); H 为修复工程生境开始提供服务的时间(a); L 为修复工程生境服务期结束的时间(a); σ'_T 为受损生境在时间 T 的服务水平; $\varphi - \delta'_T$ 为修复工程的生境服务的净增量; ρ_T 为折算系数, $\rho_T = (1 + d)^{-(T-P)}$ P 为评估的年份 d 为贴现率.

$$R = \sum R_i s_i \quad (8)$$

式(8)中 R 为修复工程总成本(元); R_i 为第 i 种生境单位面积生态修复成本(元/ m^2); s_i 为第 i 种生境

所需替代生境面积(m^2).

运用该方法进行案例分析. 假设 2008 年某海域发生原油泄漏事故, 污染红树林区面积 $2 \times 10^6 m^2$, 事故后该区域生态服务水平仅为事故前的 70% (即受损服务水平为 30%), 逐年呈线性恢复至 2011 年. 则在 2008~2011 年受损服务水平依次为 30%、20%、10%、0. 代入公式(7) 计算得到生境总受损服务水平为 12.49. 假设修复工程中替代生境选择与污染前相同的生境, 预计修复工程在 5a 内建造完成, 服务期仅考虑 20a, 采用人工建造的方法进行, 设其修复过程所能提供的服务年际变化满足线性关系, 初始服务水平为 0, 建造完成后其达到最大服务水平 100%, 即等于受损生境原始基线水平. 依照假设则修复工程的服务水平净增量在 2010~2015 年依次为 0、20%、40%、60%、80%、100%, 而后自 2016 年保持最大服务水平(100%) 持续服务至 2030 年, 代入公式(7) 计算单位面积替代生境的总服务水平为 12.99. 则由公式(7) 可算出所需修复工程的面积为 $9.6 \times 10^4 m^2$. 参考国内集美大桥北侧至官浔溪红树林修复项目的概算, 红树林种植成本为 25.68 元/ m^2 (包括直接种植成本和规划、设计、评估等成本), 最终计算出该次污染事故造成的生境价值损失为 24.65 万元人民币, 即 $25.68 \times 9.6 \times 10^4 = 24.65$ 万元.

2.2.3 环境容量 海洋环境容量是指在不造成海洋环境不可承受的影响的前提下, 海洋环境所能容纳某物质的能力. 评估溢油导致的环境容量损失并将其转化为价值量, 可采用影子工程法, 即以处理等同溢油规模的油类污染所需污水处理工程成本作为环境容量损失价值. 对于近岸海域, 陈伟琪(1999) 等人提出了引入行业系数的环境容量货币化的估算方法, 但该方法仅适于已知环境总容量的海域^[15].

此外, 本文提出一种快速的、简易评估方法, 即

$$C_{UWEC} = R \cdot V \cdot \theta \quad (9)$$

式(9)中 C_{UWEC} 为海洋环境容量损失费用(万元); R 为溢油事故的溢油吨数(t); V 为我国消减石油类污染物的单位成本(万元/t). 根据国家环保总局联合国海洋局、交通部、农业部和海军以及天津市、河北省、辽宁省、山东省共同修改完成《渤海碧海行动计划》, 该计划提出 2005 年之前为控制油类入海量投资 3.68 亿元, 实现石油类的入海消减量 0.28 万 t. 据此可计算出目前我国消减石油类污染物的单位成本约为 13.14 万元/t; θ 为综合折算系数, 结合事故海域相对于渤海湾的经济水平、投资与油类污水处理关系程度等影响因素, 可取 20%~60%. 在我

国首例海洋溢油生态索赔案“塔斯曼海”轮的海洋溢油生态损害评估资料中^[2],运用影子工程法计算 205.924 t 原油造成的环境容量损失额为 3 600 万元,效用函数法计算为 2 700 万元。而法院判定的环境容量损失为 750.58 万元。运用上述公式(9)计算,环境容量损失费用约在 541 ~ 1 623 万元之间,此案例中,折算系数为 28% 时最接近获赔金额。需要指出的是,在实践中运用时,折算系数可通过专家打分法确定使结果更为准确。

2.2.4 景观文化 景观在生态学上被认为是区域内的一个宽广部分,通过其结构与功能的相互连接而体现出异质性类型;地球上大多数景观是自然过程与人类文化过程交互作用的产物,是长期适应与演化形成的稳定类型^[16]。景观文化研究事故海域的旅游娱乐价值、文化价值、科研价值等非使用价值。当溢油类事故发生后,可能导致海域的生态景观发生变化,其本身具有的独特性、多样性、功效性、美学价值等随之改变。近年,国内对景观文化价值的计算研究多采用条件价值法(contingent valuation method, CVM)^[17],但该方法所需信息量大,耗时,受所抽样调查样本影响较大。因此,在溢油事故的生态损

害评估中,景观文化损失评估可直接通过事故前后污染区域的相关旅游收入、文化价值损失等进行累加。例如,对我国某海域的溢油事故所造成的景观文化损失进行评估,可通过计算旅游业收入在事故前后的差额作为该项损失。

3 结论

本文建立了对不同规模溢油的区别性评估方法体系:简易评估和综合评估。简易评估在美国佛罗里达公式的基础上,进行了适于我国国情的修改,该方法对信息量的要求小,简单易行,其推算的赔偿范围符合以往的索赔案例,可在今后的中小型溢油中推广实践并不断完善。全面评估中,对生物资源的评估,实现了非经济物种的价值化;生境价值评估采用在我国鲜有应用的生境等价分析;环境容量评估是我国海洋生态损害评估研究相对较多的内容,结合已有的环境规划项目对其实现价值化,可使其在相关索赔中更为合理。景观文化是在以往案例中很少被考虑的非使用价值,随着生态损害评估方法体系的不断完善,应在今后的实践中得以有效合理的赔偿^[18]。

参考文献:

- [1] 新华网. 我国海上船舶溢油污染形势的严峻性[EB/OL]. [2010-12-28]. http://news.xinhuanet.com/video/2007-06/01/content_6182888.htm.
- [2] 高振会, 杨建强, 王培刚, 等. 海洋溢油生态损害评估的理论方法及案例研究[M]. 北京: 海洋出版社, 2007: 71-73.
- [3] 消油剂网. 溢油等级的定义[EB/OL]. [2010-12-28]. <http://www.cleantstar.cn/degreasenews20061221557.html>.
- [4] Ando A W, Khanna M, Amy wildermuth et al. Natural resource damage assessment: methods and cases[M]. Illinois: Illinois waste management and research center, 2004: 25.
- [5] Faass J. Florida's approach to natural resource damage assessment: a short, sweet model for states seeking compensation[J]. Ecological Restoration, 2010, 3: 28-39.
- [6] 宋家慧, 刘江. 建立中国船舶油污损害赔偿机制的对策[J]. 交通环保, 1999, 5(20): 1-9.
- [7] Costanza R, d'Arge R, de Groot R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. Nature, 1997, 387: 253-260.
- [8] Daily G C, Tore soderqvist, Aniyar S et al. The value of nature and the nature of value[J]. Science, 2000, 289: 395-396.
- [9] de Groot R F, Johan Van der Perk, Anna Chiesura et al. Importance and threat as determining factors for criticality of natural capital[J]. Ecological Economics, 2003, 44(2/3): 187-204.
- [10] 千年生态系统评估项目概念框架工作组. 生态系统与人类福祉: 评估框架[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2006: 3.
- [11] de Groot R F, Wilson M A, Boumans R M J. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services[J]. Ecological Economics, 2002, 41(3): 393-408.
- [12] 中华人民共和国农业部. SC/T9110-2007 建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程[S]. 北京: 中国农业出版社, 2008.
- [13] 姜晓娜. 海洋溢油生态损害评估标准及方法学研究[D]. 大连: 大连海事大学, 2010: 32-35.
- [14] Dunford R W, Ginn T C, Desvousges W H. The use of habitat equivalency analysis in natural resource damage assessment[J]. Ecological Economics, 2004, 48: 49-70.
- [15] 陈伟琪, 张珞平, 洪华生, 等. 近岸海域环境容量的价值及其价值量评估初探[J]. 厦门大学学报: 自然科学版, 1999, 38(6): 896-900.

- [16] 肖笃宁, 钟林生. 景观分类与评价的生态原则 [J]. 应用生态学报, 1998, 9(2): 217-221.
- [17] 陈志良, 刘旭拢, 彭晓春. 条件价值法在生态资产估算中的应用与进展 [J]. 上海环境科学, 2009, 28(1): 28-31.
- [18] 杨寅. 基于 NRDA 的海洋溢油生态损害评估方法探讨及案例分析 [D]. 厦门: 国家海洋局第三海洋研究所, 2011.

Simplified and comprehensive assessments for ecological damage by oil spills in ocean

YANG Yin¹, HAN Da-xiong², WANG Hai-yan¹, HUANG Hao¹

(1. Third Institute of Oceanography SOA Xiamen 361005 China; 2. College of Medicine, Xiamen University, Xiamen 361005 China)

Abstract: With results from the discussion of marine ecosystem services in ecology and economics, simplified and comprehensive assessment methods are proposed for damages caused by different scales of oil spills. The simplified method could be used for small and medium oil spills. The comprehensive evaluation may consider the damages of biological resources, marine habitat, environmental capacity and landscape when there are large scales of accidents. The simplified evaluation, based on Florida formula, was modified to fit the conditions in China. It has advantages of less information requested and easily handling. And the compensation scope can conform to history cases and can be further optimized in cases of small and medium oil spills. In comprehensive evaluation, non-market species is valued for the evaluation of the biological resources. Besides, habitat equivalency analysis which barely researched in China is used in the marine habitat assessment. Environmental capacity valuation which frequently touches upon in marine ecological damage assessment in China, combined with the existing environmental planning project when valuating, could make it reasonable in related claims. Landscape was the non-use value which was considered scarcely in preterit cases, with the developing of the ecological assessment methodology, availably compensated should be got in the future practices.

Key words: marine environmental science; oil spills; ecological damage assessment; simplified assessments; comprehensive assessments

DOI:10.3969/J. ISSN. 1000-8160. 2012. 02. 019

(责任编辑: 杜俊民)